

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

PCT

REC'D 29 MAR 2005

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER BERICHT ÜBER DIE PATENTIERBARKEIT

(Kapitel II des Vertrags über die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 2002P18522WO	WEITERES VORGEHEN siehe Formblatt PCT/IPEA/416	
Internationales Aktenzeichen PCT/DE 03/03347	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 09.10.2003	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 19.12.2002
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK F02D41/38		
Anmelder SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT		

1. Bei diesem Bericht handelt es sich um den internationalen vorläufigen Prüfungsbericht, der von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde nach Artikel 35 erstellt wurde und dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt wird.
2. Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 4 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.
3. Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; diese umfassen
 - a. ☒ (an den Anmelder und das Internationale Büro gesandt) insgesamt 16 Blätter; dabei handelt es sich um
 - ☐ Blätter mit der Beschreibung, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit Berichtigungen, denen die Behörde zugestimmt hat (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsvorschriften).
 - ☒ Blätter, die frühere Blätter ersetzen, die aber aus den in Feld Nr. 1, Punkt 4 und im Zusatzfeld angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde eine Änderung enthalten, die über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgeht.
 - b. ☐ (nur an das Internationale Büro gesandt) insgesamt (bitte Art und Anzahl der/des elektronischen Datenträger(s) angeben), der/die ein Sequenzprotokoll und/oder die dazugehörigen Tabellen enthält/enthalten, nur in computerlesbarer Form, wie im Zusatzfeld betreffend das Sequenzprotokoll angegeben (siehe Abschnitt 802 der Verwaltungsvorschriften).

4. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- ☒ Feld Nr. I Grundlage des Bescheids
- ☐ Feld Nr. II Priorität
- ☐ Feld Nr. III Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- ☐ Feld Nr. IV Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- ☒ Feld Nr. V Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- ☐ Feld Nr. VI Bestimmte angeführte Unterlagen
- ☐ Feld Nr. VII Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- ☒ Feld Nr. VIII Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags

08.06.2004

Datum der Fertigstellung dieses Berichts

30.03.2005

Name und Postanschrift der mit der Internationalen Prüfung beauftragten Behörde



Europäisches Patentamt - P.B. 5818 Patentlaan 2
NL-2280 HV Rijswijk - Pays Bas
Tel. +31 70 340 - 2040 Tx: 31 651 epo nl
Fax: +31 70 340 - 3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Lapeyronnie, P

Tel. +31 70 340-2521



INTERNATIONALER VORLÄUFIGER BERICHT ÜBER DIE PATENTIERBARKEIT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE 03/03347

Feld Nr. I Grundlage des Berichts

1. Hinsichtlich der **Sprache** beruht der Bericht auf der internationalen Anmeldung in der Sprache, in der sie eingereicht wurde, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.
- ☐ Der Bericht beruht auf einer Übersetzung aus der Originalsprache in die folgende Sprache, bei der es sich um die Sprache der Übersetzung handelt, die für folgenden Zweck eingereicht worden ist:
- ☐ internationale Recherche (nach Regeln 12.3 und 23.1 b))
 - ☐ Veröffentlichung der internationalen Anmeldung (nach Regel 12.4)
 - ☐ internationale vorläufige Prüfung (nach Regeln 55.2 und/oder 55.3)
2. Hinsichtlich der **Bestandteile*** der internationalen Anmeldung beruht der Bericht auf *(Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigelegt)*:

Beschreibung, Seiten

1-12 eingegangen am 08.10.2004 mit Schreiben vom 07.10.2004

Ansprüche, Nr.

2-7, 9, 10 eingegangen am 08.10.2004 mit Schreiben vom 07.10.2004
1, 8 eingegangen am 25.02.2005 mit Schreiben vom 25.02.2005

Zeichnungen, Blätter

1/4-4/4 in der ursprünglich eingereichten Fassung

☐ einem Sequenzprotokoll und/oder etwaigen dazugehörigen Tabellen - siehe Zusatzfeld betreffend das Sequenzprotokoll

3. ☐ Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:
- ☐ Beschreibung: Seite
 - ☐ Ansprüche: Nr.
 - ☐ Zeichnungen: Blatt/Abb.
 - ☐ Sequenzprotokoll (*genaue Angaben*):
 - ☐ etwaige zum Sequenzprotokoll gehörende Tabellen (*genaue Angaben*):
4. ☒ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der diesem Bericht beigelegten und nachstehend aufgelisteten Änderungen erstellt worden, da diese aus den im Zusatzfeld angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2 c)).
- ☒ Beschreibung: Seite 1-12 mit Schreiben von 7.10.2004, womit schwierig zu kontrollieren ist, ob es im Rahmen der ursprünglich eingereichten Anmeldung geblieben ist
 - ☐ Ansprüche: Nr.
 - ☐ Zeichnungen: Blatt/Abb.
 - ☐ Sequenzprotokoll (*genaue Angaben*):
 - ☐ etwaige zum Sequenzprotokoll gehörende Tabellen (*genaue Angaben*):

* Wenn Punkt 4 zutrifft, können einige oder alle dieser Blätter mit der Bemerkung "ersetzt" versehen werden.

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER BERICHT ÜBER DIE PATENTIERBARKEIT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE 03/03347

Feld Nr. V Begründete Feststellung nach Artikel 35 (2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

- | | |
|--------------------------------|---|
| 1. Feststellung | |
| Neuheit (N) | Ja: Ansprüche 1-10
Nein: Ansprüche - |
| Erfinderische Tätigkeit (IS) | Ja: Ansprüche 1-10
Nein: Ansprüche - |
| Gewerbliche Anwendbarkeit (IA) | Ja: Ansprüche 1-10
Nein: Ansprüche - |

2. Unterlagen und Erklärungen (Regel 70.7):

siehe Beiblatt

Feld Nr. VIII Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Zur Klarheit der Patentansprüche, der Beschreibung und der Zeichnungen oder zu der Frage, ob die Ansprüche in vollem Umfang durch die Beschreibung gestützt werden, ist folgendes zu bemerken:

siehe Beiblatt

Zu Punkt V

Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung.

1. Nächstliegender Stand der Technik

Dokument WO 01/83971 A (ROBERT BOSCH) offenbart: *ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erkennen von Fehlern in einem Kraftstoffeinspritzsystem, wobei das Kraftstoffeinspritzsystem eine Hochdruckpumpe (125), einen Kraftstoffspeicher (130), ein Kraftstoffdruckregelventil (135) und einen Drucksensor (140) zum Erfassen des in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher (130) herrschenden Drucks umfaßt, wobei das Vorliegen eines Fehlers in dem Kraftstoffeinspritzsystem durch Erfassen eines gefilterten Druckwerts im Kraftstoffspeicher (130) erkennbar ist.*

2. Unterschied

Vergleichen des Kraftstoffsdrucks, im Kraftstoffspeicher (12) mit einem Solldruck in einen Niederdruckbereich der Kraftstoffeinspritzanlage oder mit einem tatsächlich vorliegenden Druck in einen Niederdruckbereich der Kraftstoffeinspritzanlage wird im Dokument D nicht beschrieben. Die Erfordernisse des Artikels 33(2) PCT sind somit erfüllt.

3. Problem

Wenn der Druck im Kraftstoffspeicher (höher Druck) bleibt unter denjenigen im Niederdruckbereich der Kraftstoffeinspritzanlage, wird es schwierig im Hochdruckbereich eine Kraftstoffeinspritzung zu auslösen. Dann muß er irgendwo einen Fehler bestehen.

4. Erfinderische Tätigkeit

*Es gibt **keinen Hinweis** in der zitierten Literatur, die aktuelle Werten des Drucksensors mit Werten aus dem Niederdruckbereich zu vergleichen, um Fehler zu erkennen. Die Erfordernisse des Artikels 33(3) PCT sind somit erfüllt.*

5. Abhängige Ansprüche

Ansprüche 2 bis 7, 9 und 10 sind abhängige Ansprüche und beziehen sich auf weitere Ausbildungen des Gegenstands des Anspruchs 1.

6. Gewerbliche Anwendbarkeit

Bei dieser Anmeldung handelt es sich um das Gebiet der Motortechnik, was offensichtlich eine gewerbliche Anwendbarkeit hat.

7. Bemerkung

Da keine Korrektur in der Beschreibung angemeldet wurde, war es nicht möglich zu kontrollieren, ob der Stand der Beschreibung wohl in Ordnung liegt.

Beschreibung

Vorrichtung und Verfahren zum Erkennen von Fehlern in einem Kraftstoffeinspritzsystem

- 5

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Erkennen von Fehlern in einem Kraftstoffeinspritzsystem, wobei das Kraftstoffeinspritzsystem mindestens eine Hochdruckpumpe, mindestens einen Kraftstoffspeicher, mindestens ein Kraftstoffdruckregelventil und mindestens einen Drucksensor zum Erfassen des in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher herrschenden Drucks umfasst.

Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zum Erkennen von Fehlern in einem Kraftstoffeinspritzsystem, wobei das Kraftstoffeinspritzsystem mindestens eine Hochdruckpumpe, mindestens einen Kraftstoffspeicher, mindestens ein Kraftstoffdruckregelventil und mindestens einen Drucksensor zum Erfassen des in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher herrschenden Drucks umfasst.

Die Erfindung betrifft ferner ein Kraftfahrzeug mit einer Vorrichtung zum Erkennen von Fehlern in einem Kraftstoffeinspritzsystem sowie eine Diagnoseeinrichtung mit einer Vorrichtung zum Erkennen von Fehlern in einem Kraftstoffeinspritzsystem.

Kraftstoffeinspritzsysteme, die im Rahmen der vorliegenden Offenbarung behandelt werden, dienen der Hochdruckeinspritzung von Kraftstoff in die Zylinder einer Brennkraftmaschine.

Ein solches Kraftstoffeinspritzsystem kann mit einem Kraftstoffspeicher ausgerüstet sein, der durch eine Hochdruckpumpe mit Kraftstoff befüllt wird und dabei auf ein für die Hochdruckeinspritzung erforderliches Druckniveau gebracht wird. Die Hochdruckpumpe selbst wird durch eine Niederdruckkraftstoffpumpe mit Kraftstoff versorgt, der von der Niederdruck-

kraftstoffpumpe aus einem Kraftstofftank entnommen wird. Zur Steuerung beziehungsweise Regelung des Kraftstoffeinspritzsystems können unterschiedliche Maßnahmen ergriffen werden. Beispielsweise kennt man mechanische Regler im Niederdruckbereich als auch Regelventile im Hochdruckbereich.

Letztere sind insbesondere im Zusammenhang mit kontinuierlich fördernden Hochdruckkraftstoffpumpen von Bedeutung, die den Kraftstoff in den Kraftstoffspeicher (das "Rail") fördern. Derartige Kraftstoffdruckregelventile lassen sich über eine elektrisch festlegbare Magnetkraft einstellen.

Insgesamt hat man es also mit komplexen Systemen zu tun, bei denen verschiedenste Defekte auftreten können. Dass ein Defekt vorliegt, kann insbesondere an einem erniedrigten Kraftstoffdruck im Kraftstoffspeicher festgestellt werden - die genaue Lokalisierung der Fehlerursache gelingt allein auf der Grundlage dieses erkannten zu geringen Druckes aber nicht.

Aus der WO 01/83971 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Überwachen eines Kraftstoffzumess-Systems einer Brennkraftmaschine bekannt, bei dem ein Ausgangssignal eines Drucksensors, der den Druck in einem Kraftstoffspeicher erfasst, mittels eines Bandpass-Filters gefiltert wird. Der Bandpass Filter ist so ausgelegt, dass er Frequenzen herausfiltert, die der Pumpenumdrehung oder einem ganzzahligen Vielfachen der Pumpendrehzahl entsprechen. Überschreitet das gefilterte Ausgangssignal einen Schwellenwert, so wird ein Fehler einer Hochdruckpumpe oder eines Druckregelventils erkannt.

Die Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Erkennen von Fehlern in einem Kraftstoffeinspritzsystem zu schaffen, die bzw. das mit geringem Aufwand eine Fehlerquelle in dem Kraftstoffeinspritzsystem lokalisieren kann.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

- 5

Die Erfindung zeichnet sich aus durch ein Verfahren und eine entsprechende Vorrichtung zum Erkennen von Fehlern in einem Kraftstoffeinspritzsystem. Das Kraftstoffeinspritzsystem umfasst mindestens eine Hochdruckpumpe, mindestens einen Kraftstoffspeicher, mindestens ein Kraftstoffdruckregelventil und mindestens einen Drucksensor zum Erfassen des in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher herrschenden Drucks. Das Vorliegen mindestens eines Fehlers in dem Kraftstoffeinspritzsystem wird erkannt durch Erfassen eines zu geringen Druckes im Kraftstoffspeicher und zum Eingrenzen der Fehlerquelle wird ein hochfrequenter Anteil eines den zeitlichen Druckverlauf im Kraftstoffspeicher kennzeichnenden ersten Signals herangezogen.

20 Der hochfrequente Anteil des zeitlichen Druckverlaufs im Kraftstoffspeicher ist mit der möglichen Fehlerquelle korreliert. Durch Herausfiltern dieses Anteils lässt sich daher mit großer Wahrscheinlichkeit die Fehlerquelle bestimmen, so dass im Falle eines Defekts bei der Reparatur des Kraftstoffeinspritzsystems die Komponenten gezielt getauscht beziehungsweise repariert werden können.

30 Der Druck, der in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher ermittelt wird, wird mit einem Solldruck oder mit einem tatsächlich vorliegenden Druck in einem Niederdruckbereich der Kraftstoffeinspritzanlage verglichen. Auf einen Defekt in dem Niederdruckbereich wird geschlossen, wenn der Solldruck unterschritten wird durch den in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher ermittelten Druck, oder auf einen defekten Antrieb der Hochdruckpumpe wird geschlossen, wenn der tatsächlich vorliegende Druck in dem Niederdruckbereich unterschrit-

ten wird durch den in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher ermittelten Druck.

- 5 Ist der Druck im Kraftstoffspeicher geringer als der zur selben Zeit vorliegende Druck im Niederdruckbereich, so liegt dies mit großer Wahrscheinlichkeit daran, dass der Antrieb der Hochdruckpumpe defekt ist. In diesem Fall wirkt nämlich die mit einer Membran ausgestattete Hochdruckpumpe als Drossel, so dass ausgangsseitig der Hochdruckpumpe ein geringerer
10 Druck vorliegt als eingangsseitig. Ebenfalls empfiehlt sich aber auch ein Vergleich des im Kraftstoffspeicher ermittelten Drucks mit dem Solldruck im Niederdruckbereich. Insbesondere bei einem Druck im Kraftstoffspeicher, der wesentlich geringer ist als der Solldruck im Niederdruckbereich, ist es wahr-
15 scheinlich, dass ein Defekt im Niederdruckbereich vorliegt.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann in besonders vorteilhafter Weise dadurch weitergebildet sein, dass das erste Signal tiefpassgefiltert wird, so dass ein tiefpassgefiltertes zwei-
20 tes Signal erzeugt wird, dass ein drittes Signal als absolute Differenz zwischen dem ersten Signal und dem zweiten Signal erzeugt wird und dass das dritte Signal mit einem vorgegebenen Schwellenwert verglichen wird, wobei in Abhängigkeit des Vergleichs die Fehlerquelle eingegrenzt wird. Zunächst wird
25 also der zeitliche Druckverlauf tiefpassgefiltert. Indem zwischen diesem tiefpassgefilterten Signal und dem ursprünglichen Signal die Differenz und deren Absolutwert gebildet wird, erhält man ein weiteres drittes Signal, dessen Amplitude eine absolute Aussagekraft hat, so dass diese mit einem
30 vorgegebenen Schwellenwert verglichen werden kann.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird auf eine Fehlfunktion der mindestens einen Hochdruckpumpe geschlossen, wenn das dritte Signal im Wesentli-
35 chen, insbesondere bei hoher Last, oberhalb des vorgegebenen Schwellenwertes liegt. Da bei einem Defekt der Hochdruckpumpe, insbesondere bei hoher Last, im Allgemeinen starke

hochfrequente Anteile im zeitlichen Druckverlauf im Kraftstoffspeicher vorliegen, ist es bei geeignet vorgegebenem Schwellenwert möglich, auf einen Hochdruckpumpendefekt zu schließen, falls dieser Schwellenwert durch das dritte Signal überschritten wird.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird auf eine Fehlfunktion des mindestens einen Kraftstoffdruckregelventils geschlossen, wenn das dritte Signal im Wesentlichen unterhalb des vorgegebenen Schwellenwertes liegt. Der Druckverlust im Rail hat bei hochfrequenten Anteilen mit niedriger Amplitude mit großer Wahrscheinlichkeit seine Ursache in einer anderen Komponente im Hochdruckkreis, das heißt höchstwahrscheinlich in einem defekten Kraftstoffdruckregelventil.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung, wird der in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher ermittelte Druck auf der Grundlage eines von einer im Abgasstrom eines der Kraftstoffeinspritzpumpe zugeordneten Verbrennungsmotors angeordneten Lambdasonde gemessenen Wertes auf Plausibilität bewertet und bei nicht vorliegender Plausibilität auf einen Defekt des mindestens einen Drucksensors geschlossen. Sobald also der Kraftstoffdrucksensor einen zu geringen Druck beziehungsweise den im Niederdruckbereich des Kraftstoffeinspritzsystems vorliegenden Druck im Kraftstoffspeicher erfasst, wird zunächst durch eine Querplausibilisierung unter Hinzuziehung der von der Lambdasonde gelieferten Informationen geprüft, ob der Kraftstoffdrucksensor einen Defekt aufweist. Dies hat den Hintergrund, dass ein starker Druckabfall im Kraftstoffspeicher unmittelbaren Einfluss auf die Gemischbildung und somit auf die von der Lambdasonde ermittelten Abgaswerte hat. Bei Abgaswerten innerhalb vorgegebener Grenzen und dennoch gemeldetem Druckabfall im Rail liegt somit mit großer Wahrscheinlichkeit ein Defekt, insbesondere ein mechanischer Defekt, des Kraftstoffsensors vor.

Besonders vorteilhaft ist, wenn mindestens eine dem Kraftstoffeinspritzsystem zugeordnete elektronische Steuereinheit vorgesehen ist, in der mindestens eine der vorgenannten Auswertungen erfolgen kann. Insbesondere können die verschiedenen Schwellenwertvergleiche sowie die Filterung und die Differenzbildung auf digitaler Basis in der elektronischen Steuereinheit des Kraftstoffeinspritzsystem erfolgen. Andererseits ist aber auch denkbar, dass Teile der Auswertung durch analoge Schaltungstechnik realisiert sind. Weiterhin können Teile der genannten Auswertungen in anderen Steuereinheiten eines Kraftfahrzeugs beziehungsweise einer sonstigen Vorrichtung vorgenommen werden, wobei zwischen diesen Komponenten und der Steuerung des Kraftstoffeinspritzsystems insbesondere eine Kommunikation über einen Datenbus möglich ist.

In diesem Zusammenhang ist es vorteilhaft, wenn die Vorrichtung so ausgelegt ist, dass sie eine Schnittstelle für den Einbau in einem Kraftfahrzeug aufweist. Die Fehlererkennung kann also im Kraftfahrzeug selbst erfolgen. Erkannte Fehler können in einem Fehlerspeicher gespeichert werden.

Zusätzlich oder alternativ kann aber auch vorgesehen sein, dass die Vorrichtung eine Schnittstelle für den Einbau in eine von dem Kraftfahrzeug getrennte Diagnoseeinrichtung aufweist. Die Vorrichtung ist also auch im Rahmen der Fahrzeugdiagnose in einer Werkstatt einsetzbar.

Weiterhin betrifft die Erfindung ein Kraftfahrzeug mit der Vorrichtung zum Erkennen von Fehlern in dem Kraftstoffeinspritzsystem.

Die Erfindung betrifft auch eine Diagnoseeinrichtung mit der Vorrichtung zum Erkennen von Fehlern in dem Kraftstoffeinspritzsystem.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass eine weit-
gehende Diagnose eines Kraftstoffeinspritzsystems auf der
Grundlage jederzeit verfügbarer Messwerte vorgenommen werden
kann. Insbesondere kann zwischen einem mechanischen Defekt
- 5 der Hochdruckpumpe und einem mechanischen Defekt des Kraft-
stoffdruckregelventils auf der Grundlage der hochfrequenten
Anteile des Druckverlaufs im Kraftstoffspeicher geschlossen
werden. Im Fehlerfall können also gezielt die defekten Kompo-
nenten ohne das Erfordernis weiterer Diagnoseschritte ausge-
10 tauscht beziehungsweise in Stand gesetzt werden.

Die Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf die beigefügten
Zeichnungen anhand bevorzugter Ausführungsformen beispielhaft
erläutert.

15

Es zeigen:

- Figur 1 eine schematische Darstellung eines Kraftstoffeinspritzsystems;
20
Figur 2 eine schematische Schnittdarstellung eines Kraftstoffdruckregelventils;
Figur 3 zwei Diagramme zur Erläuterung der im Rahmen der
25 Erfindung eingesetzten Filterung;
Figur 4 ein Messdiagramm, das für einen Defekt des Kraftstoffdruckregelventils charakteristisch ist;
30 Figur 5 ein Messdiagramm, das für einen Defekt der Hochdruckpumpe charakteristisch ist; und
Figur 6 ein Flussdiagramm zur Erläuterung eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

35

Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Kraftstoffeinspritzsystems. Aus einem Kraftstofftank 20 wird über eine

Kraftstoffleitung 22 mittels einer Niederdruckpumpe 24 Kraftstoff gefördert. Die Niederdruckpumpe 24 versorgt einen Niederdruckkreis 26 mit Kraftstoff. Der Druck in diesem Niederdruckkreis 26 wird über eine mechanische Niederdruckregleinrichtung 28 eingestellt, die in der Lage ist, Kraftstoff über eine Kraftstoffleitung 30 zum Kraftstofftank 20 zurückzuführen. Von der Niederdruckpumpe 24 gelangt der Kraftstoff über den Niederdruckkreis 26 mit einem Basisvordruck zu einer Hochdruckpumpe 10. Diese Hochdruckpumpe 10 fördert den Kraftstoff in einen Hochdruckkreis 32 und insbesondere in einen Kraftstoffspeicher 12. Der Kraftstoffspeicher 12 ist mit Injektoren beziehungsweise Einspritzventilen 34, 36, 38, 40 ausgestattet, die den Kraftstoff in den Zylinderinnenraum einbringen können. Da die Hochdruckpumpe 22 kontinuierlich arbeitet, muss anderweitig für eine gewünschte Druckeinstellung im Kraftstoffspeicher 12 gesorgt werden. Dies geschieht durch ein Kraftstoffdruckregelventil 14, über das die Differenz zwischen dem von der Hochdruckpumpe 12 geförderten Kraftstoff und dem durch die Einspritzventile in die Zylinder eingebrachten Kraftstoff in den Niederdruckkreis 26 abfließt. Das im Zusammenhang mit Figur 2 genauer beschriebene Kraftstoffdruckregelventil 14 wird von einer elektronischen Steuerung 18 angesteuert, die (neben anderen) als Eingangswert ein von einem am Kraftstoffspeicher 12 angeordneten Drucksensor 16 ermittelten Wert erhält. Somit kann eine Regelung des Einspritzdrucks erfolgen, indem das Kraftstoffdruckregelventil 14 je nach Ansteuerung durch die elektronische Steuerung 18 mehr oder weniger Kraftstoff in den Niederdruckkreis 26 abfließen lässt.

Figur 2 zeigt eine schematische Schnittdarstellung eines Kraftstoffdruckregelventils. Das Kraftstoffdruckregelventil 14 umfasst eine (nicht dargestellte) Magnetspule, die eine Kraft auf einen Anker 42 ausübt. Der Anker 42 ist fest mit einem Ventilstößel 44 verbunden, der je nach Stellung des Ankers 42 eine Durchflussöffnung 46 zum Niederdruckkreis 26 mehr oder weniger freigibt. In Abhängigkeit des Stromflusses

durch die Magnetspule wird sich somit aufgrund der Magnetkraft und der ihr entgegengesetzt gerichteten Kraft des aus dem Hochdruckkreis 32 einströmenden Kraftstoffes auf den Ventilstößel 44 eine vom Stromfluss durch die Magnetspule abhängige Gleichgewichtslage einstellen. Vorzugsweise wird die Magnetkraft durch eine pulsweitenmodulierte Spannung erzeugt, so dass das Basistastverhältnis der Spulenspannung die Grundlage für die Einstellung des Drucks im Kraftstoffspeicher 12 darstellt. Dabei wird insbesondere eine lineare Kennlinie zwischen hydraulischer Kraft und magnetischer Kraft realisiert.

Figur 3 zeigt zwei Diagramme zur Erläuterung der im Rahmen der Erfindung eingesetzten Filterung. Im oberen Diagramm ist der Kraftstoffdruck gegen die Zeit aufgetragen. Die Linie p_K symbolisiert den Druckverlauf im Kraftstoffspeicher. Die Linie p_{KF} symbolisiert einen tiefpassgefilterten Druckverlauf im Kraftstoffspeicher. Diese Tiefpassfilterung erfolgt vorzugsweise in der elektronischen Steuerung 18, kann aber auch auf andere bekannte Art und Weise vorgenommen werden. Zwischen den beiden Kurven p_K und p_{KF} wird die Differenz Δ gebildet. Die Absolutbeträge dieser Differenz Δ sind im unteren Diagramm in Figur 3 nochmals dargestellt.

Durch diese Filterung und Differenzbildung erhält man somit einen Werteverlauf, der mit einer absolut gewählten Druckschwelle verglichen werden kann, so dass auf diese Weise der hochfrequente Anteil des Kraftstoffdruckverlaufs als Kriterium für die Verhältnisse im Kraftstoffeinspritzsystem verwendet werden kann.

Figur 4 zeigt ein Messdiagramm, das für einen Defekt des Kraftstoffdruckregelventils charakteristisch ist. Dass ein Defekt im Kraftstoffeinspritzsystem vorliegt, ist daran zu erkennen, dass der Kraftstoffdruck p_K im Kraftstoffspeicher nur im Bereich von 7000 hPa liegt. Es herrscht somit Niederdruck im Rail. Allein aufgrund dieser Information wird aber

noch kein Hinweis darauf gegeben, ob der Fehler im Bereich der Hochdruckpumpe oder im Bereich des Kraftstoffdruckregelventils liegt. Diesen Hinweis erhält man erst aufgrund der im Zusammenhang mit Figur 3 beschriebenen Auswertung. Durch die beschriebene hintereinandergeschaltete Tiefpassfilterung und Differenzbildung erhält man einen Signalverlauf Δ , der den hochfrequenten Anteil des Kraftstoffdruckverlaufs widerspiegelt. Im vorliegenden Beispiel gemäß Figur 4 ist dieser hochfrequente Anteil Δ sehr klein, das heißt, er liegt bei geeignet gewählter Schwelle unterhalb dieser Schwelle. Dies gilt sowohl bei hoher Drehzahl als auch niedriger Drehzahl, die als Kurvenverlauf N in das Diagramm in Figur 4 eingezeichnet ist, da sich ein, insbesondere mechanischer, Defekt des Kraftstoffdruckregelventils im Wesentlichen lastunabhängig auswirkt.

Figur 5 zeigt ein Messdiagramm, das für einen Defekt der Hochdruckpumpe charakteristisch ist. Der hier dargestellte Kraftstoffdruckverlauf p_K hat einen starken hochfrequenten Anteil. Durch das im Zusammenhang mit Figur 3 beschriebene Filter- und Differenzbildungsverfahren wird hieraus der den hochfrequenten Anteil des Signals kennzeichnende Signalverlauf Δ herausgefiltert. Bei geeignet gewählter Schwelle wird dieser Signalverlauf Δ in weiten Teilen oberhalb dieser Schwelle liegen. Dies lässt auf eine defekte Hochdruckpumpe schließen, da insbesondere nach einem Reißen der Membran in der Hochdruckpumpe dem Kraftstoffdrucksignal erhebliche hochfrequente Schwingungen aufgeprägt werden. Weiterhin ist in dem Diagramm gemäß Figur 5 zu erkennen, dass das Signal Δ im Wesentlichen nur bei hoher Last oberhalb einer geeignet gewählten Schwelle liegt, so dass dies als weiteres Entscheidungskriterium bei der Fehlerfindung herangezogen werden kann.

Figur 6 zeigt ein Flussdiagramm zur Erläuterung eines erfindungsgemäßen Verfahrens. Wird in Schritt S10 erkannt, dass im Kraftstoffspeicher ein verminderter Druck, das heißt ein Nie-

derdruck vorliegt, wird zunächst in Schritt S12 eine Querplausibilisierung zwischen dem vom Drucksensor ermittelten Kraftstoffdruck und einem oder mehreren Lambdasondenwerten vorgenommen. Wird ermittelt, dass sich der verminderte Druckwert nicht in den von der Lambdasonde ermittelten Werten widerspiegelt, wird gemäß Schritt S14 darauf geschlossen, dass der Drucksensor defekt ist. Liegt jedoch ein plausibles Verhalten im Hinblick auf Drucksensor und Lambdasonde vor, so wird in Schritt S16 ermittelt, ob der Kraftstoffdruck im Kraftstoffspeicher kleiner ist als der Druck im Niederdruckkreislauf. Ist dies der Fall, so wird auf einen Defekt im Pumpenantrieb der Hochdruckpumpe gemäß Schritt S18 geschlossen, da die nicht angetriebene Hochdruckpumpe als Drossel wirkt. Ebenfalls könnte man noch prüfen, ob der Kraftstoffdruck im Rail niedriger ist als ein Solldruck im Niederdruckkreislauf und auf diese Weise gegebenenfalls auf einen Defekt im Niederdruckkreis schließen. Wird nicht ermittelt, dass der Antrieb der Hochdruckpumpe defekt ist, so wird in Schritt S20 das auf den hochfrequenten Anteil abstellende anhand von Figur 3 beschriebene und im Zusammenhang mit Figur 4 und Figur 5 veranschaulichte Verfahren durchgeführt. Es wird also der Absolutwert aus der Differenz zwischen dem Kraftstoffdruck und dem tiefpassgefilterten Kraftstoffdruck mit einer Fehlerschwelle verglichen und das insbesondere bei erhöhter Last. Ist dieser ermittelte Absolutwert kleiner als die Fehlerschwelle, so liegt mit großer Wahrscheinlichkeit ein Defekt am Kraftstoffdruckregelventil gemäß Schritt S22 vor. Andernfalls, das heißt bei Überschreiten der Fehlerschwelle, liegt gemäß Schritt S24 ein Defekt an der Hochdruckpumpe vor.

30

Die Erfindung lässt sich wie folgt zusammenfassen: Im Hinblick auf ein Kraftstoffeinspritzsystem mit einem Kraftstoffspeicher 12, einer kontinuierlich arbeitenden Hochdruckpumpe 10 und einem Kraftstoffdruckregelventil 14 wird auf der Grundlage der vorliegenden Erfindung eine Fehlererkennung möglich. Indem der hochfrequente Anteil des Kraftstoffdruckverlaufs im Kraftstoffspeicher 12 ausgewertet wird, kann an-

35

gegeben werden, welche der Komponenten mit großer Wahrscheinlichkeit defekt sind, wobei dies insbesondere durch weitere Auswertungen innerhalb eines Diagnoseverfahrens unterstützt wird.

5

Die in der vorstehenden Beschreibung, in den Zeichnungen sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung wesentlich sein.

10

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erkennen von Fehlern in einem Kraftstoffeinspritzsystem, wobei das Kraftstoffeinspritzsystem

- 5 - mindestens eine Hochdruckpumpe (10),
 - mindestens einen Kraftstoffspeicher (12),
 - mindestens ein Kraftstoffdruckregelventil (14) und
 - mindestens einen Drucksensor (16) zum Erfassen des in dem
10 mindestens einen Kraftstoffspeicher (12) herrschenden,
 Drucks umfasst,

wobei das Verfahren die Schritte umfasst:

- Erkennen des Vorliegens mindestens eines Fehlers in dem
 Kraftstoffeinspritzsystem durch Erfassen eines zu gerin-
 gen Druckes im Kraftstoffspeicher (12) und
15 - Heranziehen eines hochfrequenten Anteils eines den zeit-
 lichen Druckverlauf im Kraftstoffspeicher (12) kennzeich-
 nenden ersten Signals zur Eingrenzung der Fehlerquelle,
 dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren ferner die Schrit-
 te umfasst:
20 - Vergleichen des Drucks, der in dem mindestens einen
 Kraftstoffspeicher (12) ermittelt wird, mit einem Soll-
 druck oder mit einem tatsächlich vorliegenden Druck in
 einem Niederdruckbereich der Kraftstoffeinspritzanlage
 und
25 - Schließen auf einen Defekt in dem Niederdruckbereich,
 wenn der Solldruck unterschritten wird durch den in dem
 mindestens einen Kraftstoffspeicher (12) ermittelten
 Druck, oder Schließen auf einen defekten Antrieb der
 Hochdruckpumpe (10), wenn der tatsächlich vorliegende
30 Druck in dem Niederdruckbereich unterschritten wird durch
 den in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher (12) er-
 mittelten Druck.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet

- 35 - dass das erste Signal tiefpassgefiltert wird, so dass ein
 tiefpassgefiltertes zweites Signal erzeugt wird,

- dass ein drittes Signal als absolute Differenz zwischen dem ersten Signal und dem zweiten Signal erzeugt wird und
- dass das dritte Signal mit einem vorgegebenen Schwellenwert verglichen wird, wobei in Abhängigkeit des Vergleichs die Fehlerquelle eingegrenzt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass auf eine Fehlfunktion der mindestens einen Hochdruckpumpe (10) geschlossen wird, wenn das dritte Signal im Wesentlichen, insbesondere bei hoher Last, oberhalb des vorgegebenen Schwellenwertes liegt.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass auf eine Fehlfunktion des mindestens einen Kraftstoffdruckregelventils (14) geschlossen wird, wenn das dritte Signal im Wesentlichen unterhalb des vorgegebenen Schwellenwertes liegt.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

- dass der in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher (12) ermittelte Druck auf der Grundlage eines von einer im Abgasstrom eines der Kraftstoffeinspritzpumpe zugeordneten Verbrennungsmotors angeordneten Lambdasonde gemessenen Wertes auf Plausibilität bewertet wird und
- dass bei nicht vorliegender Plausibilität auf einen Defekt des mindestens einen Drucksensors (16) geschlossen wird.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Vergleich des in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher (12) ermittelten Drucks mit dem Solldruck beziehungsweise dem tatsächlichen Druck in dem Niederdruckbereich der Kraftstoffeinspritzanlage vor dem Heranziehen des hochfrequenten Anteils des ersten Signals erfolgt.

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

dass die Plausibilitätsbewertung zur Ermittlung der Funktionstüchtigkeit des Drucksensors (16) vor dem Vergleich des in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher (12) ermittelten Drucks mit einem Solldruck beziehungsweise dem tatsächlichen Druck in einem Niederdruckbereich der Kraftstoffeinspritzanlage erfolgt.

8. Vorrichtung zum Erkennen von Fehlern in einem Kraftstoffeinspritzsystem, wobei das Kraftstoffeinspritzsystem

- mindestens eine Hochdruckpumpe (10),
- mindestens einen Kraftstoffspeicher (12),
- mindestens ein Kraftstoffdruckregelventil (14) und
- mindestens einen Drucksensor (16) zum Erfassen des in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher (12) herrschenden Drucks umfasst,

wobei die Vorrichtung ausgebildet ist zum

- Erkennen des Vorliegens mindestens eines Fehlers in dem Kraftstoffeinspritzsystem durch Erfassen eines zu geringen Druckes im Kraftstoffspeicher (12) und
- Heranziehen eines hochfrequenten Anteils eines den zeitlichen Druckverlauf im Kraftstoffspeicher (12) kennzeichnenden ersten Signals zur Eingrenzung der Fehlerquelle,

dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung ferner ausgebildet ist

- zum Vergleichen des Drucks, der in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher (12) ermittelt wird, mit einem Soll-
druck oder mit einem tatsächlich vorliegenden Druck in einem Niederdruckbereich der Kraftstoffeinspritzanlage und
- zum Schließen auf einen Defekt in dem Niederdruckbereich, wenn der Soll-
druck unterschritten wird durch den in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher (12) ermittelten Druck, oder zum Schließen auf einen defekten Antrieb der Hochdruckpumpe (10), wenn der tatsächlich vorliegende Druck in dem Niederdruckbereich unterschritten wird durch

den in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher (12) ermittelten Druck.

9. Kraftfahrzeug mit einer Vorrichtung zum Erkennen von Fehlern in dem Kraftstoffeinspritzsystem nach Anspruch 8.

10. Diagnoseeinrichtung mit einer Vorrichtung zum Erkennen von Fehlern in dem Kraftstoffeinspritzsystem eines Kraftfahrzeugs, die von dem Kraftfahrzeug getrennt angeordnet ist, nach Anspruch 8.

Neue Patentansprüche 1 und 8

1. Verfahren zum Erkennen von Fehlern in einem Kraftstoffeinspritzsystem, wobei das Kraftstoffeinspritzsystem

- 5 - mindestens eine Hochdruckpumpe (10),
- mindestens einen Kraftstoffspeicher (12),
- mindestens ein Kraftstoffdruckregelventil (14) und
- mindestens einen Drucksensor (16) zum Erfassen des in dem
10 mindestens einen Kraftstoffspeicher (12) herrschenden
Drucks umfasst,

wobei das Verfahren die Schritte umfasst:

- Erkennen des Vorliegens mindestens eines Fehlers in dem
Kraftstoffeinspritzsystem durch Erfassen eines zu gerin-
gen Druckes im Kraftstoffspeicher (12) und
- 15 - Heranziehen eines hochfrequenten Anteils eines den zeit-
lichen Druckverlauf im Kraftstoffspeicher (12) kennzeich-
nenden ersten Signals zur Eingrenzung der Fehlerquelle,
dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren ferner die Schrit-
te umfasst:

- 20 - Vergleichen des Drucks, der in dem mindestens einen
Kraftstoffspeicher (12) ermittelt wird, mit einem Soll-
druck in einem Niederdruckbereich der Kraftstoffein-
spritzanlage oder mit einem tatsächlich vorliegenden
Druck in dem Niederdruckbereich der Kraftstoffeinspritz-
25 anlage und
- Schließen auf einen Defekt in dem Niederdruckbereich,
wenn der Solldruck unterschritten wird durch den in dem
mindestens einen Kraftstoffspeicher (12) ermittelten
Druck, oder Schließen auf einen defekten Antrieb der
30 Hochdruckpumpe (10), wenn der tatsächlich vorliegende
Druck in dem Niederdruckbereich unterschritten wird durch
den in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher (12) er-
mittelten Druck.

35 8. Vorrichtung zum Erkennen von Fehlern in einem Kraftstoff-
einspritzsystem, wobei das Kraftstoffeinspritzsystem

- mindestens eine Hochdruckpumpe (10),

- mindestens einen Kraftstoffspeicher (12),
- mindestens ein Kraftstoffdruckregelventil (14) und
- mindestens einen Drucksensor (16) zum Erfassen des in dem
mindestens einen Kraftstoffspeicher (12) herrschenden
Drucks umfasst,

wobei die Vorrichtung ausgebildet ist zum

- Erkennen des Vorliegens mindestens eines Fehlers in dem Kraftstoffeinspritzsystem durch Erfassen eines zu geringen Druckes im Kraftstoffspeicher (12) und
- Heranziehen eines hochfrequenten Anteils eines den zeitlichen Druckverlauf im Kraftstoffspeicher (12) kennzeichnenden ersten Signals zur Eingrenzung der Fehlerquelle, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung ferner ausgebildet ist

- zum Vergleichen des Drucks, der in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher (12) ermittelt wird, mit einem Soll-
druck in einem Niederdruckbereich der Kraftstoffeinspritzanlage oder mit einem tatsächlich vorliegenden
Druck in dem Niederdruckbereich der Kraftstoffeinspritzanlage und
- zum Schließen auf einen Defekt in dem Niederdruckbereich, wenn der Soll-
druck unterschritten wird durch den in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher (12) ermittelten
Druck, oder zum Schließen auf einen defekten Antrieb der Hochdruckpumpe (10), wenn der tatsächlich vorliegende
Druck in dem Niederdruckbereich unterschritten wird durch den in dem mindestens einen Kraftstoffspeicher (12) ermittelten Druck.